

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/002302

International filing date: 16 February 2005 (16.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP  
Number: 2004-040405  
Filing date: 17 February 2004 (17.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 07 April 2005 (07.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

PCT/JP2005/002302

17.02.2005

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 4 年   2 月 1 7 日  
Date of Application:

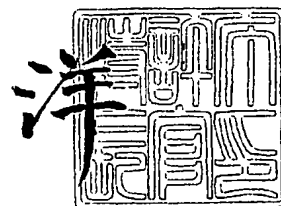
出 願 番 号      特 願 2 0 0 4 - 0 4 0 4 0 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 4 - 0 4 0 4 0 5 ]

出   願   人      浜松ホトニクス株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 5 年   3 月 2 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



出証番号   出証特 2 0 0 5 - 3 0 2 6 1 4 1

【書類名】 特許願  
【整理番号】 2004-0038  
【提出日】 平成16年 2月17日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H01J 43/06  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 久嶋 浩之  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 下井 英樹  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 影山 明広  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 井上 圭祐  
【発明者】  
    【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社  
                                内  
    【氏名】 伊藤 益保  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000236436  
    【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100092657  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 寺崎 史朗  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100124291  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 石田 悟  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014708  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1

**【書類名】特許請求の範囲****【請求項 1】**

入射した光に応じて電子を放出する光電面と、前記光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、前記電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備える光電子増倍管において、

前記電子増倍部は前記光電面が電子を放出する方向と交わる方向に電子を走行させるように延びる溝部を有することを特徴とする光電子増倍管。

**【請求項 2】**

前記電子増倍部は、前記溝部を形成する一対の側壁それぞれに前記電子を衝突させて前記電子増倍を行う、請求項 1 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 3】**

前記溝部の側壁には凸部が形成されている、請求項 1 又は 2 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 4】**

入射した光に応じて電子を放出する光電面と、前記光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、前記電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備える光電子増倍管において、

前記陽極が配置される第 1 のガラス基板と、前記光電面が配置される第 2 のガラス基板と、前記第 1 のガラス基板及び前記第 2 のガラス基板の間に配置され、前記電子増倍部が形成されているシリコン基板と、を備え、

前記シリコン基板は前記第 1 のガラス基板と前記第 2 のガラス基板とのそれぞれ密接して真空容器を形成していることを特徴とする光電子増倍管。

**【請求項 5】**

前記シリコン基板と前記第 1 のガラス基板及び前記第 2 のガラス基板とは陽極接合によって接合されている、請求項 4 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 6】**

前記陽極は前記シリコン基板が囲む空間内に配置されており、前記第 1 のガラス基板に陽極接合によって接合されている、請求項 4 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 7】**

前記電子増倍部は前記第 1 のガラス基板に陽極接合によって接合されている、請求項 4 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 8】**

入射した光に応じて電子を放出する光電面と、前記光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、前記電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備える光電子増倍管において、

前記陽極が配置される第 1 の基板と、前記光電面が配置される第 2 の基板と、前記第 1 の基板及び前記第 2 の基板の間に配置され、前記電子増倍部が形成されているシリコン基板と、を備え、

前記第 1 の基板と前記シリコン基板及び前記第 2 の基板と前記シリコン基板はそれぞれガラス部材を介在させて相互に密接して真空容器を形成していることを特徴とする光電子増倍管。

**【請求項 9】**

前記第 1 の基板はシリコン材料によって形成されている、請求項 8 に記載の光電子増倍管。

**【請求項 10】**

前記第 2 の基板はガラス材料によって形成されており、前記第 2 の基板と前記シリコン基板との間に介在するガラス部材は前記第 2 の基板に含まれる、請求項 8 に記載の光電子増倍管。

【書類名】明細書

【発明の名称】光電子増倍管

【技術分野】

【0001】

本発明は光電子増倍管に関する。

【背景技術】

【0002】

光センサとして光電子増倍管 (PMT: Photo Multiplier Tube) がある。光電子増倍管は、光を電子に変換する陰極 (光電面)、集束電極、電子増倍部、及び陽極を備え、それらを真空容器に収めて構成される。光電子増倍管では、光が光電面に入射すると、光電面から真空容器中に光電子が放出される。その光電子は集束電極によって電子増倍部に導かれ、電子増倍部によって増倍される。陽極は増倍された電子を受けて信号を出力する (例えば、下記特許文献 1 及び特許文献 2 参照)。

【特許文献 1】特許第 3078905 号公報

【特許文献 2】特開平 4-359855 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

光センサの用途が多様化するにつれ、光電子増倍管をより小型にすることが求められている。そこで、本発明ではより小型化を図ることが可能な光電子増倍管を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の光電子増倍管は、入射した光に応じて電子を放出する光電面と、光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備え、電子増倍部は光電面が電子を放出する方向と交わる方向に電子を走行させるように延びる溝部を有することを特徴とする。

【0005】

本発明の光電子増倍管によれば、電子増倍部の溝部は光電面が電子を放出する方向と交わる方向に電子を走行させるように延びているので、光電面が電子を放出する方向に沿って電子増倍部が形成されている場合に比較して小型化を図ることが可能になる。

【0006】

また本発明の光電子増倍管では、電子増倍部が、溝部を形成する一対の側壁それぞれに電子を衝突させて電子増倍を行うことも好ましい。溝部を形成する一対の側壁それぞれに電子を衝突させて電子増倍を行うので、効率的に電子増倍を行うことができる。

【0007】

また本発明の光電子増倍管では、溝部の側壁には凸部が形成されていることも好ましい。側壁に形成された凸部に電子が衝突して電子増倍を行うことができるので、より効率的に電子増倍を行うことが可能である。

【0008】

本発明の光電子増倍管は、入射した光に応じて電子を放出する光電面と、光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備え、陽極が配置される第 1 のガラス基板と、光電面が配置される第 2 のガラス基板と、第 1 のガラス基板及び第 2 のガラス基板の間に配置され、電子増倍部が形成されているシリコン基板と、を備え、シリコン基板は第 1 のガラス基板と第 2 のガラス基板とのそれぞれ密接して真空容器を形成していることを特徴とする。

【0009】

本発明の光電子増倍管によれば、第 1 のガラス基板、第 2 のガラス基板、及びシリコン基板によって真空容器を形成しているので、例えば溶接などによらずに接合することが可能であり、より小型化が可能である。

## 【0010】

また本発明の光電子増倍管では、シリコン基板と第1のガラス基板及び第2のガラス基板とは陽極接合によって接合されていることも好ましい。陽極接合で真空封止を行っているので容易に加工することが可能となる。

## 【0011】

また本発明の光電子増倍管では、陽極はシリコン基板が囲む空間内に配置されており、第1のガラス基板に陽極接合によって接合されていることも好ましい。陽極が陽極接合によって第1のガラス基板に接合されているので、例えば溶接などの際に生じる異物の発生といった事態を極力回避できる。

## 【0012】

また本発明の光電子増倍管では、電子増倍部は第1のガラス基板に陽極接合によって接合されていることも好ましい。電子増倍部が陽極接合によって第1のガラス基板に陽極接合によって接合されているので、例えば溶接などの際に生じる異物の発生といった事態を極力回避できる。

## 【0013】

本発明の光電子増倍管は、入射した光に応じて電子を放出する光電面と、前記光電面から放出される電子を電子増倍する電子増倍部と、前記電子増倍部で増倍された電子を受けて信号として取り出すための陽極と、を備え、陽極が配置される第1の基板と、光電面が配置される第2の基板と、第1の基板及び第2の基板の間に配置され、電子増倍部が形成されているシリコン基板と、を備え、第1の基板とシリコン基板及び第2の基板とシリコン基板はそれぞれガラス部材を介在させて相互に密接して真空容器を形成していることを特徴とする。

## 【0014】

本発明の光電子増倍管によれば、第1の基板、第2の基板、シリコン基板、及びガラス部材によって真空容器を形成しているので、例えば溶接などによらずに接合することが可能であり、より小型化が可能である。また、第1の基板とシリコン基板及び第2の基板とシリコン基板はそれぞれガラス部材を介在させて相互に密接しているので、例えば、第1の基板又は第2の基板がシリコンといった材料で形成されていても真空容器を形成することが可能となる。

## 【0015】

また本発明の光電子増倍管では、第1の基板はシリコン材料によって形成されていることも好ましい。第1の基板をシリコン材料で形成すれば、陽極を配置するための加工が容易になる。

## 【0016】

また本発明の光電子増倍管では、第2の基板はガラス材料によって形成されており、第2の基板とシリコン基板との間に介在するガラス部材は第2の基板に含まれることも好ましい。第2の基板がガラス材料によって形成されていてガラス部材を含むので、より簡易な構造とすることができる。

## 【発明の効果】

## 【0017】

本発明によれば、より小型化を図ることが可能な光電子増倍管を提供することができた。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0018】

本発明の知見は、例示のみのために示された添付図面を参照して以下の詳細な記述を考慮することによって容易に理解することができる。引き続き、添付図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。可能な場合には、同一の部分には同一の符号を付して、重複する説明を省略する。

## 【0019】

図1は光電子増倍管1aの外観を示す斜視図である。光電子増倍管1aは、第1の部分

2 (第2のガラス基板)と、第2の部分3 (シリコン基板)と、第3の部分4 (第1のガラス基板)と、を備える。この光電子増倍管1aは光電面への光の入射方向と、電子増倍部での電子の走行方向が交差する、つまり図1の矢印Aの方向から光が入射されると、光電面から放出された電子が電子増倍部に入射し、矢印Bの方向に電子が走行して増倍していく光電子増倍管である。引き続き各構成要素について説明する。

#### 【0020】

図2は、図1に示す光電子増倍管1aを第1の部分2、第2部分3、及び第3部分4に分解して示す斜視図である。第1の部分2は、矩形平板状のガラス基板20を基材として構成されている。ガラス基板20の主面20aには矩形の凹部201が形成されており、凹部201の外周はガラス基板20の外周に沿うように形成されている。凹部201の底部には光電面22が形成されている。この光電面22は凹部201の長手方向の一端近傍に形成されている。ガラス基板20の主面20aと対向する面20bには孔202が穿たれていて、孔202は光電面22に至るように形成されている。孔202には光電面端子21が配置されていて、光電面端子21は光電面22に当接している。

#### 【0021】

第2の部分3は、矩形平板状のシリコン基板30を基材として構成されている。シリコン基板30の主面30aからそれに対向する面30bに向かって、凹部301及び貫通部302が形成されている。凹部301及び貫通部302は共にその開口が矩形であって、凹部301及び貫通部302は互いに連結されており、その外周はシリコン基板30の外周に沿うように形成されている。

#### 【0022】

凹部301内には電子増倍部31が形成されている。電子増倍部31は互いに沿うように設けられ、凹部301の底部301aから立設している複数の壁部311を有する。従って、壁部311それぞれの間には溝部が構成されている。この壁部311の側壁(溝部の側壁)及び底部301aには2次電子放出材料によって2次電子放出面が形成されている。従って、電子増倍部31は壁部311及び底部301aに形成されている2次電子放出面で構成されている電子増倍部である。壁部311は凹部301の長手方向に沿って設けられていて、その一端は凹部301の一端と所定の距離を開けて配置され、他端は貫通部302に臨む位置に配置されている。貫通部302内には陽極32が配置されている。陽極32は貫通部302の内壁との間に空隙部を設けて配置されており、第3の部分4に陽極接合によって固定されている。

#### 【0023】

第3の部分4は、矩形平板状のガラス基板40を基材として構成されている。ガラス基板40の主面40aからそれに対向する面40bに向かって、孔401、孔402、及び孔403がそれぞれ穿たれている。孔401には光電面側端子41が、孔402には陽極端子42が、孔403には陽極側端子43が、それぞれ挿入固定されている。また、陽極端子42は第2の部分3の陽極32に当接している。

#### 【0024】

光電子増倍管1aの断面図を図3に示す。図3に示す断面図は、電子増倍管1aの中心を通して長手方向に沿う平面で切断した断面図である。既に説明したように、第1の部分2の凹部201の一端における底部分に光電面22が形成されている。光電面22には光電面端子21が当接している。光電面端子21を介して光電面22に所定の電圧をかけることができる。第1の部分2の主面20a(図2参照)と第2の部分3の主面30a(図2参照)とが陽極接合されて、第1の部分2と第2の部分3とが接合されている。

#### 【0025】

第1の部分2の凹部201に対応する位置に第2の部分3の凹部301及び貫通部302が配置されている。第2の部分3の凹部301には電子増倍部31が配置されていて、凹部301の一端の壁と電子増倍部31との間には空隙部301bが形成されている。従って、第1の部分2の光電面22の直下に第2の部分3の電子増倍部31が位置することになる。第2の部分3の貫通部302内には陽極32が配置されている。陽極32は貫通

部 302 の内壁と接しないように配置されているので、陽極 32 と貫通部 302 との間には空隙部 302a が形成されている。また、陽極 32 は第 3 の部分 4 の主面 40a (図 2 参照) に陽極接合されて固定されている。

#### 【0026】

第 2 の部分 3 の面 30b (図 2 参照) と第 3 の部分 4 の主面 40a (図 2 参照) とが陽極接合されて、第 2 の部分 3 と第 3 の部分 4 とが接合されている。従って、第 1 の部分 2 と、第 2 の部分 3 と、第 3 の部分 4 とによってそれらの内部に空間が形成されていて、第 1 の部分 2 と、第 2 の部分 3 と、第 3 の部分 4 とを組み立てる際に真真空気密の処理がなされて真空容器が構成される (詳細は後述する)。

#### 【0027】

第 3 の部分 4 の光電面側端子 401 及び陽極側端子 403 はそれぞれ第 2 の部分 3 のシリコン基板 30 に当接しているので、光電面側端子 401 及び陽極側端子 403 にそれぞれ所定の電圧をかけることでシリコン基板 30 の長手方向 (光電面 22 から電子が放出される方向と交差する方向、電子増倍部 31 を電子が走行する方向) に電位差を生じさせることができる。また、第 3 の部分 4 の陽極端子 402 は第 2 の部分 3 の陽極 32 と当接しているので、陽極 32 から信号を取り出すことができる。

#### 【0028】

第 2 の部分 3 の壁部 311 近傍の拡大斜視図を図 4 に示す。シリコン基板 30 の凹部 301 内に配置されている壁部 311 の側壁には凸部 311a が形成されている。凸部 311a は対向する壁部 311 に互い違いの位置になるように交互に配置されている。凸部 311a は壁部 311 の上端から下端まで一様に形成されている。

#### 【0029】

光電子増倍管 1a は次のような動作をする。第 3 の部分 4 の光電面側端子 401 には -2000V が、陽極側端子 403 には 0V がそれぞれ印加されている。尚、シリコン基板 30 の抵抗は約 10MΩ である。なお、このシリコン基板 30 の抵抗値は、シリコン基板 30 のボリューム、例えば厚さを変えることによって調整することができる。例えば、シリコン基板の厚さを薄くすることによって、抵抗値を上げることができる。ここで、光電面 22 に光が入射すると、光電面 22 から第 2 の部分 3 に向けて電子が放出される。この放出された電子は、光電面 22 の直下に位置する電子増倍部 31 に入射する。シリコン基板 30 の長手方向には電位差が生じているので、電子増倍部 31 に入射した電子は陽極 32 側へ向かう。電子増倍部 31 は複数の壁部 311 で構成されていて、壁部 311 それぞれの間には溝が形成されている。従って、電子増倍部 31 に入射した電子は壁部 311 の側壁及び対向する側壁 311 間の底部 301a に衝突し、複数の 2 次電子を放出する。電子増倍部 31 では次々に電子増倍が行われて、光電面から電子増倍部への入射電子 1 個あたり  $10^5 \sim 10^7$  個の 2 次電子が生成される。この生成された 2 次電子は陽極 32 に入射し、陽極端子 402 から信号が取り出される。

#### 【0030】

引き続いて、本実施形態の光電子増倍管の製造方法について説明する。本実施形態の光電子増倍管を製造する場合には、直径 4 インチのシリコン基板 (図 2 の第 2 の部分 3 を形成するためのもの) と、同形状の 2 枚のガラス基板 (図 2 の第 1 の部分 2 及び第 3 の部分 4 を形成するためのもの) とを準備し、それらを微小な領域 (例えば、数ミリ四方) に区分してそれぞれの領域に以下に説明する加工を施す。以下に説明する加工が終了すると領域ごとに分割して光電子増倍管が完成する。引き続いて、その加工方法について、図 5 (A) ~ 図 5 (E) 及び図 6 (A) ~ 図 6 (E) を参照しながら説明する。

#### 【0031】

まず、図 5 (A) に示すように、厚さ 0.3mm、比抵抗  $30\text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$  のシリコン基板 50 を準備し、シリコン基板 50 の両面にそれぞれシリコン熱酸化膜 60 及びシリコン熱酸化膜 61 を形成する。このシリコン熱酸化膜 60 及びシリコン熱酸化膜 61 は、DEEP-RIE (Reactive Ion Etching) 加工時のマスクとして機能する。続いて、図 5 (B) に示すようにレジスト膜 70 をシリコン基板 50 の裏面側に形

成する。レジスト膜 70 には、図 2 の貫通部 302 と陽極 32 との間の空隙に対応する除去部 701 が形成されている。この状態でシリコン熱酸化膜 61 をエッチングすると、図 2 の貫通部 302 と陽極 32 との間の空隙部に対応する除去部 611 が形成される。

#### 【0032】

図 5 (B) の状態からレジスト膜 70 を除去し、DEEP-RIE 加工を行う。図 5 (C) に示すように、シリコン基板 50 には図 2 の貫通部 302 と陽極 32 との間の空隙に対応する空隙部 501 が形成される。続いて、図 5 (D) に示すようにレジスト膜 71 をシリコン基板 50 の表面側に形成する。レジスト膜 71 には、図 2 の壁部 311 と凹部 301 との間の空隙に対応する除去部 711 と、図 2 の貫通部 302 と陽極 32 との間の空隙に対応する除去部 712 と、図 2 の壁部 311 相互の間の溝に対応する除去部 (図示せず) と、が形成されている。この状態でシリコン熱酸化膜 60 をエッチングすると、図 2 の壁部 311 と凹部 301 との間の空隙に対応する除去部 601 と、図 2 の貫通部 302 と陽極 32 との間の空隙に対応する除去部 602 と、図 2 の壁部 311 相互の間の溝に対応する除去部 (図示せず) と、が形成される。

#### 【0033】

図 5 (D) の状態から、シリコン基板 50 の裏面側にガラス基板 80 を陽極接合する。このガラス基板 80 には、図 2 の孔 401 に相当する孔 801、図 2 の孔 402 に対応する孔 802、図 2 の孔 403 に対応する孔 803 がそれぞれ予め加工されている。続いて、レジスト膜 71 を除去し、シリコン基板 50 の表面側から DEEP-RIE 加工を行う。図 6 (A) に示すように、予め裏面から空隙部 501 の加工がなされていた部分については貫通し、図 2 の陽極 32 に相当する島状部 52 が形成される。この陽極 32 に相当する島状部 52 はガラス基板 80 に陽極接合されていることで固定されている。また、図 2 の壁部 311 間の溝に相当する溝部 51 と、図 2 の壁部 311 と凹部 301 との空隙に相当する凹部 503 とが形成される。ここで、溝部 51 の側壁及び底部 301a には 2 次電子放出面が形成される。

#### 【0034】

続いて、図 6 (B) に示すように、ガラス基板 90 を準備する。ガラス基板 90 には座ぐり加工で凹部 901 (図 2 の凹部 201 に相当) が形成されていて、ガラス基板 90 の表面から凹部 901 に至るように孔 902 (図 2 の孔 202 に相当) が穿たれている。図 6 (C) に示すように、図 2 の光電面端子 21 に相当する光電面端子 92 が孔 902 に挿入固定されると共に、凹部 901 には光電面 91 が形成される。

#### 【0035】

図 6 (A) まで加工が進んだシリコン基板 50 及びガラス基板 80 と、図 6 (C) まで加工が進んだガラス基板 90 とが、図 6 (D) に示すように真空気密の状態で陽極接合される。その後、図 2 の光電面側端子 41 に相当する光電面側端子 81 が孔 801 に、図 2 の陽極端子 42 に相当する陽極端子 82 が孔 802 に、図 2 の陽極側端子 43 に相当する陽極側端子 83 が孔 803 に、それぞれ挿入固定されて図 6 (E) に示す状態となる。この後、チップ単位で切り出されて図 1 及び図 2 に示すような光電子増倍管が完成する。

#### 【0036】

本実施形態の変形例について図 7 を参照しながら説明する。図 7 は光電子増倍管 10 の断面図を示している。光電子増倍管 10 は、第 1 の部分 11 (第 2 の基板) と、第 2 の部分 12 (シリコン基板) と、第 3 の部分 13 (ガラス部材) と、第 4 の部分 14 (第 1 の基板) とがそれぞれ陽極接合されて構成されている。第 1 の部分 11 はガラス製であり、その第 2 の部分 12 に対向する面には凹部 11b が形成されている。この凹部 11b の底部のほぼ全面に渡って光電面 112 が形成されている。光電面 112 に電位を与える光電面電極 113 が、後述する表面電極に接する表面電極端子 111 が、それぞれ凹部 11b の一端及び他端にそれぞれ配置されている。

#### 【0037】

第 2 の部分 12 は、シリコン基板 12a に管軸方向と平行に多数の孔 121 が穿たれている。この孔 121 の内面は 2 次電子放出面加工がなされている。また、孔 121 それぞ

れの両端の開口部近傍には表面電極 122 及び裏面電極 123 が配置されている。孔 121 及び表面電極 122 の位置関係を図 7 (B) に示す。図 7 (B) に示すように、孔 121 に臨むように表面電極 122 が配置されている。尚、裏面電極 123 についても同様である。表面電極 122 は表面電極端子 111 が当接し、裏面電極 123 には裏面電極端子 143 が当接している。従って、第 2 の部分 12 においては孔 121 が設けられている軸線方向に電位が発生し、光電面 112 から放出された電子は孔 121 内を図中下方に進行する。

#### 【0038】

第 3 の部分 13 は、第 2 の部分 12 と第 4 の部分 14 とを接続するための部材であって、第 2 の部分 12 と第 4 の部分 14 との双方に陽極接合されている。

#### 【0039】

第 4 の部分 14 は、シリコン基板 14a に多数の孔 141 が穿たれている。この孔 141 のそれぞれに陽極 142 が挿入固定されている。

#### 【0040】

図 7 に示す光電子増倍管 10 においては、図中上方から光が入射すると、第 1 の部分 11 のガラス基板を透過して光電面 112 に入射する。光電面 112 から第 2 の部分 12 に向かって電子が放出される。この放出された電子は第 3 の部分 13 の孔 121 に入る。孔 121 に入った電子は孔 121 の内壁に衝突しながら 2 次電子を生成し、生成された 2 次電子は第 4 の部分 14 に向かって放出される。この放出された電子を陽極 142 が受け、信号を取り出すことができる。

#### 【0041】

引き続き、本実施形態の光電子増倍管 1a を用いた分析モジュールについて説明する。図 8 (A) に、本実施形態の光電子増倍管 1a を用いた分析モジュール 85 の構成を示す。分析モジュール 85 は、ガラスプレート 850 と、ガス導入管 851 と、ガス排気管 852 と、溶媒導入管 853 と、試薬混合反応路 854 と、検出部 855 と、廃液溜 856 と、試薬路 857 とを備える。ガス導入管 851 及びガス排気管 852 は分析対象となるガスを分析モジュール 85 に導入し排気するためのものである。ガス導入管 851 から導入されたガスはガラスプレート 850 上に形成されている抽出路 853a を通り、ガス排気管 852 から外部に排出される。従って、溶媒導入管 853 から導入された溶媒を抽出路 853a を通すことによって、導入されたガス中に特定の関心物質（例えば、環境ホルモンや微粒子）が存在した場合、それらを溶媒中に抽出することができる。

#### 【0042】

抽出路 853a を通った溶媒は、抽出した関心物質を含んで試薬混合反応路 854 に導入される。試薬混合反応路 854 は複数あり、試薬路 857 からそれぞれに対応する試薬が導入され、混合される。試薬が混合された溶媒は反応を行いながら試薬混合反応路 854 を検出部 855 に向かった進行する。検出部 855 において関心物質の検出が終了した溶媒は廃液溜 856 に廃棄される。

#### 【0043】

検出部 855 の構成について図 8 (B) を参照しながら説明する。検出部 855 は、発光ダイオードアレイ 855a と、光電子増倍管 1a と、電源 855c と、出力回路 855b とを備える。発光ダイオードアレイ 855a は、ガラスプレート 850 の試薬混合反応路 854 それぞれに対応して複数の発光ダイオードが設けられているものである。発光ダイオードアレイ 855a から出射された励起光（図中実線矢印）は、試薬混合反応路 854 に導かれる。試薬混合反応路 854 には関心物質が含まれる溶媒が流れており、試薬混合反応路 854 内において関心物質を試薬と反応させた後に、検出部 855 に対応する試薬混合反応路 854 に励起光が照射され、蛍光又は透過光（図中破線矢印）が光電子増倍管 1a に到達する。この蛍光又は透過光は光電子増倍管 1a の光電面 22 に照射される。

#### 【0044】

既に説明したように光電子増倍管 1a には複数の溝（本例の場合には 20 チャネル相当

分)を有する電子増倍部が設けられているので、どの位置の(どの試薬混合反応路854の)蛍光又は透過光が変化したのかを検出できる。この検出結果は出力回路855bから出力される。また、電源855cは光電子増倍管1aを駆動するための電源である。尚、ガラスプレート850上にはガラス薄板(図示しない)が配置されていて、ガス導入管851、ガス排気管852、溶媒導入管853とガラスプレート850との接点部及び廃液溜856と試薬路857の試料注入部を除き、抽出路853a、試薬混合反応路854、試薬路857(試料注入部を除く)等を蓋している。

【0045】

本実施形態によれば、電子増倍部31はシリコン基板30aに溝加工をすることで形成されており、シリコン基板30aはガラス基板40aに陽極接合されているため、振動する部分がない。従って、光電子増倍管1aは耐震性、耐衝撃性が向上している。

【0046】

陽極32はガラス基板40aに陽極接合されているため、溶接時の金属飛沫がない。このため、光電子増倍管1aは電気的な安定性や耐震性、耐衝撃性が向上している。陽極32はその下面全体でガラス基板40aと陽極接合されるため、衝撃、振動で陽極32が振動しない。このため、光電子増倍管1aは耐震性、耐衝撃性が向上している。

【0047】

また、内部構造を組み立てる必要がなく、ハンドリングが簡単なため作業時間が短い。第1の部分2、第2の部分3、及び第3の部分4によって構成される真空容器と内部構造が一体的に構成されているので小型化が容易である。内部には個々の部品がないため、電気的、機械的な接合が不要である。

【0048】

第1の部分2、第2の部分3、及び第3の部分4によって構成される真空容器の封止には特別な部材を必要としないため、本実施形態のようにウェハーサイズでの封止が可能である。封止後にダイシングして複数の光電子増倍管とするため、作業が容易であって安価に製作できる。

【0049】

金属酸化膜を必要としない封止のため異物が発生しない。このため、光電子増倍管1aは電気的な安定性や耐震性、耐衝撃性が向上している。

【0050】

電子増倍部31においては、壁部311で構成される複数の溝の側壁に電子が衝突しながら電子増倍していく。このため、構造が簡単で多くの部品を必要としないため容易に小型化可能である。

【0051】

本実施形態の光電子増倍管1aを用いた分析モジュール85によれば、微小な粒子の検出が可能となる。また、抽出から反応、検出までを連続して行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本実施形態の光電子増倍管を示す図である。

【図2】本実施形態の光電子増倍管を示す図である。

【図3】本実施形態の光電子増倍管を示す図である。

【図4】本実施形態の光電子増倍管を示す図である。

【図5】本実施形態の光電子増倍管の加工方法を説明するための図である。

【図6】本実施形態の光電子増倍管の加工方法を説明するための図である。

【図7】本実施形態の光電子増倍管の変形例を示す図である。

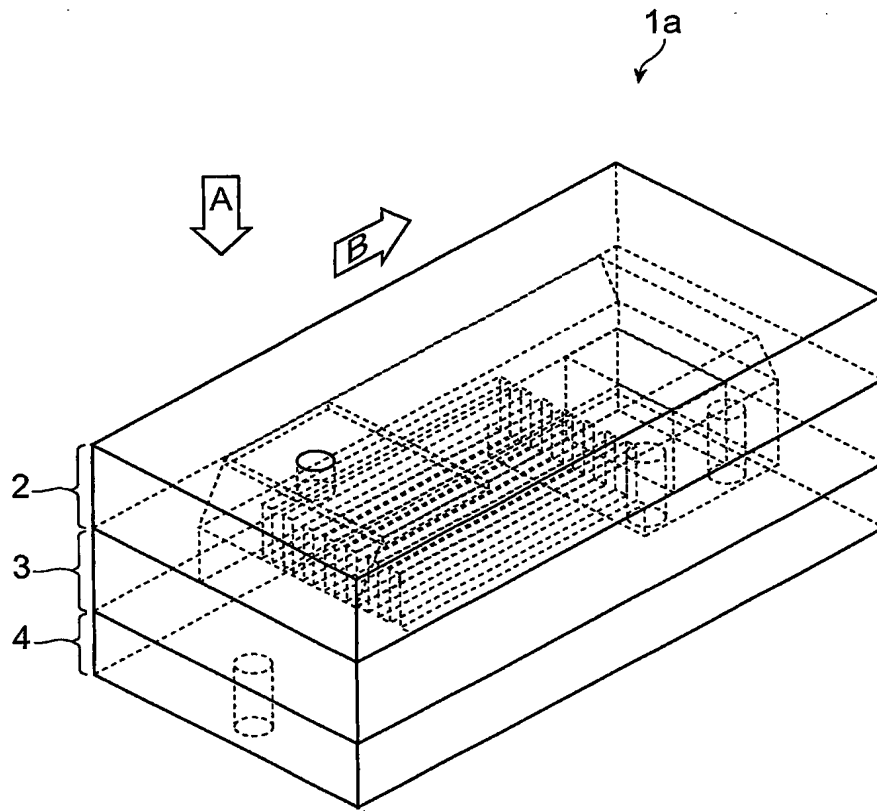
【図8】本実施形態の光電子増倍管を用いた検出モジュールを示す図である。

【符号の説明】

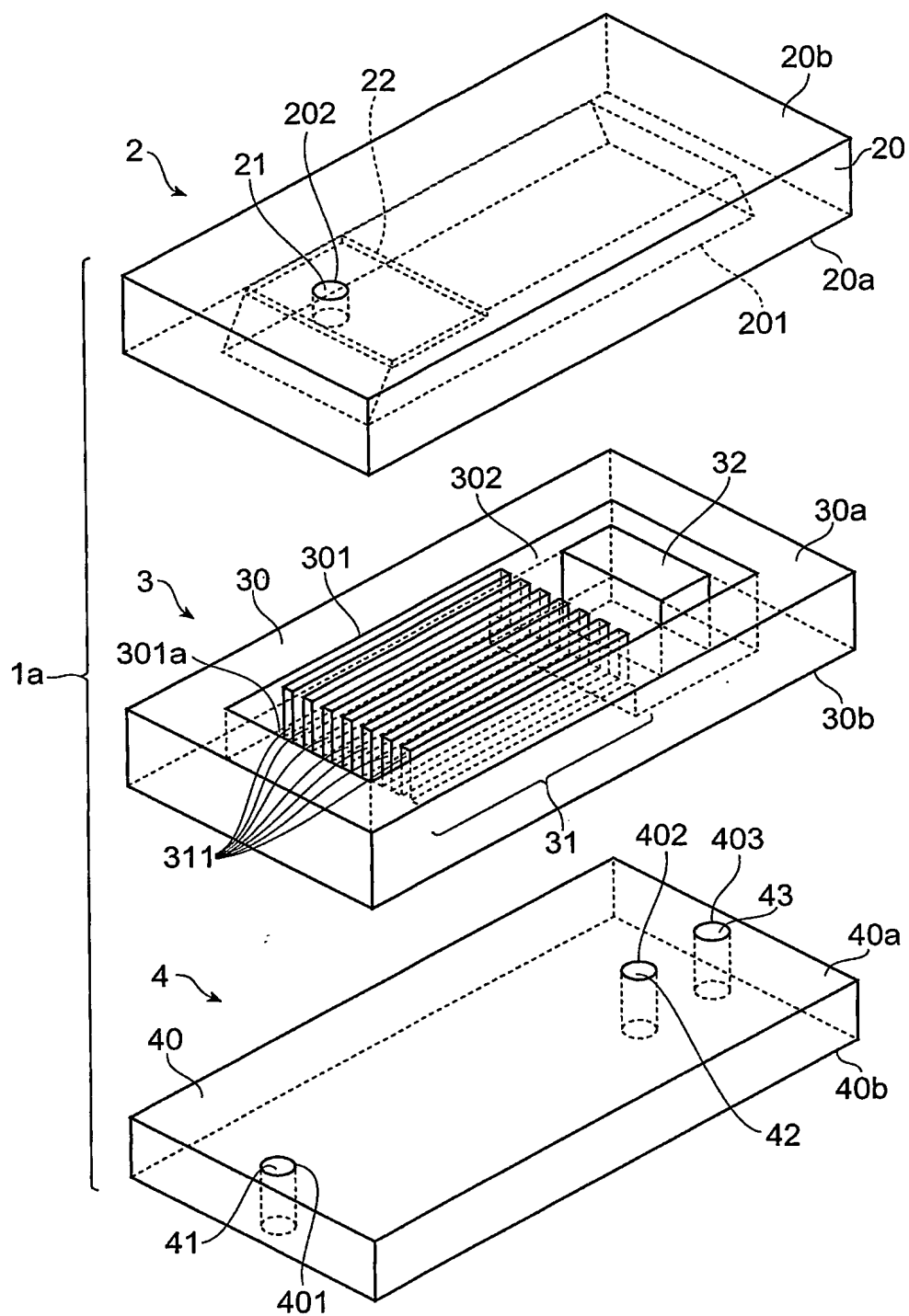
【0053】

1a…光電子増倍管、2…第1の部分、3…第2の部分、4…第3の部分、22…光電面、31…電子増倍部、32…陽極、42…陽極端子。

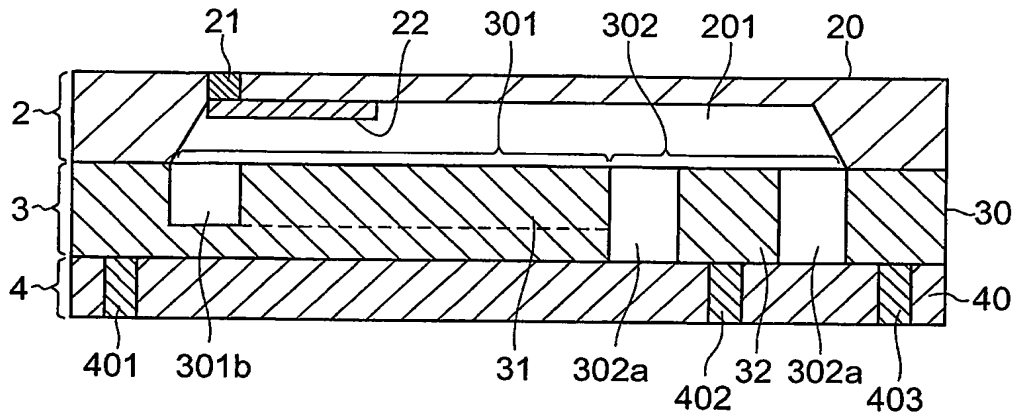
【書類名】図面  
【図1】



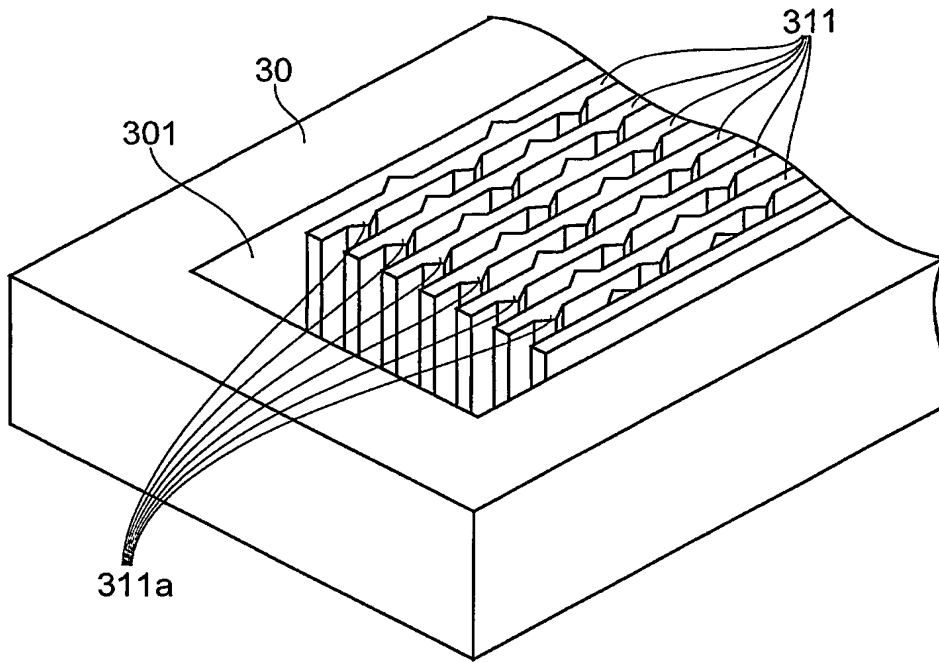
【図 2】



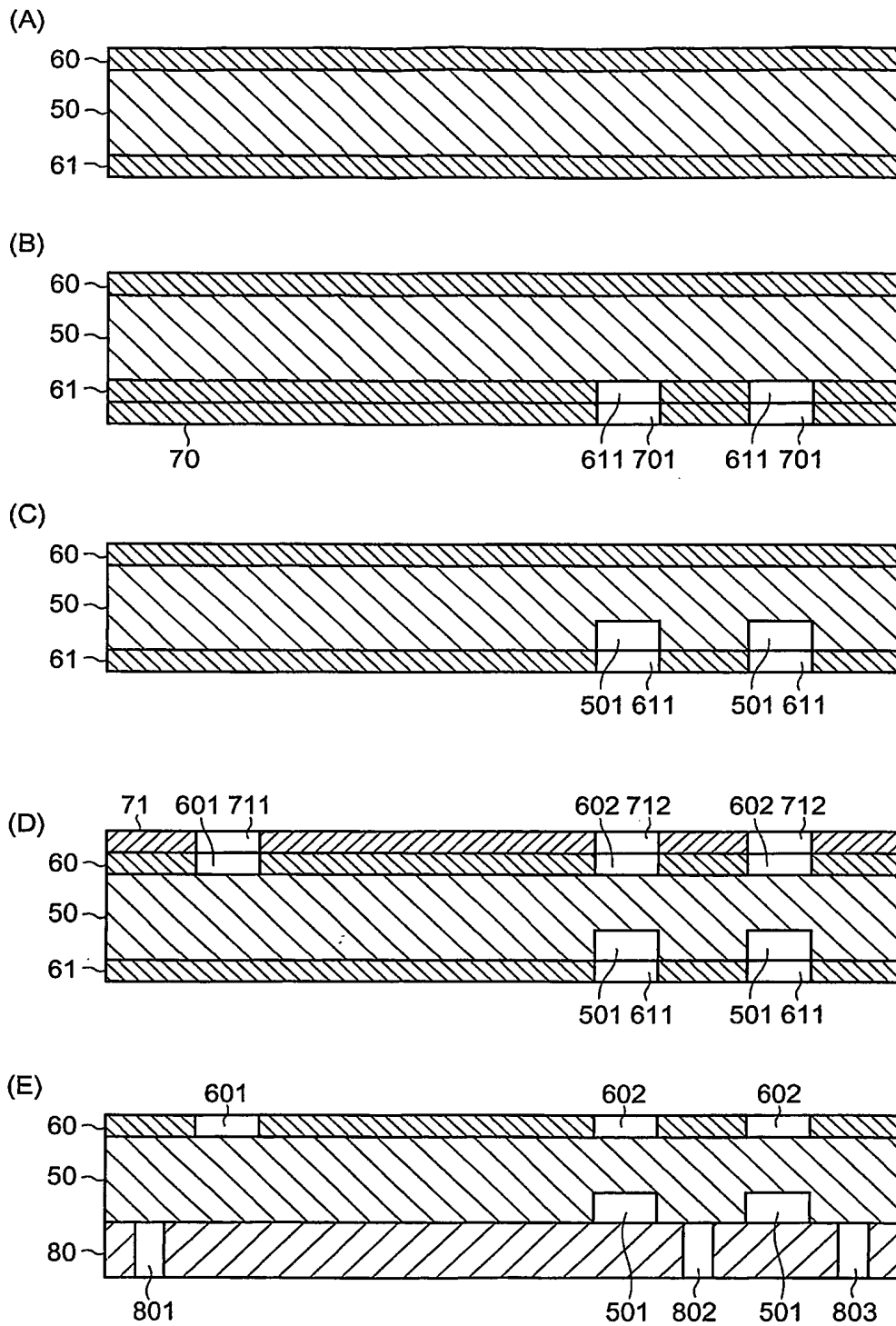
【図 3】



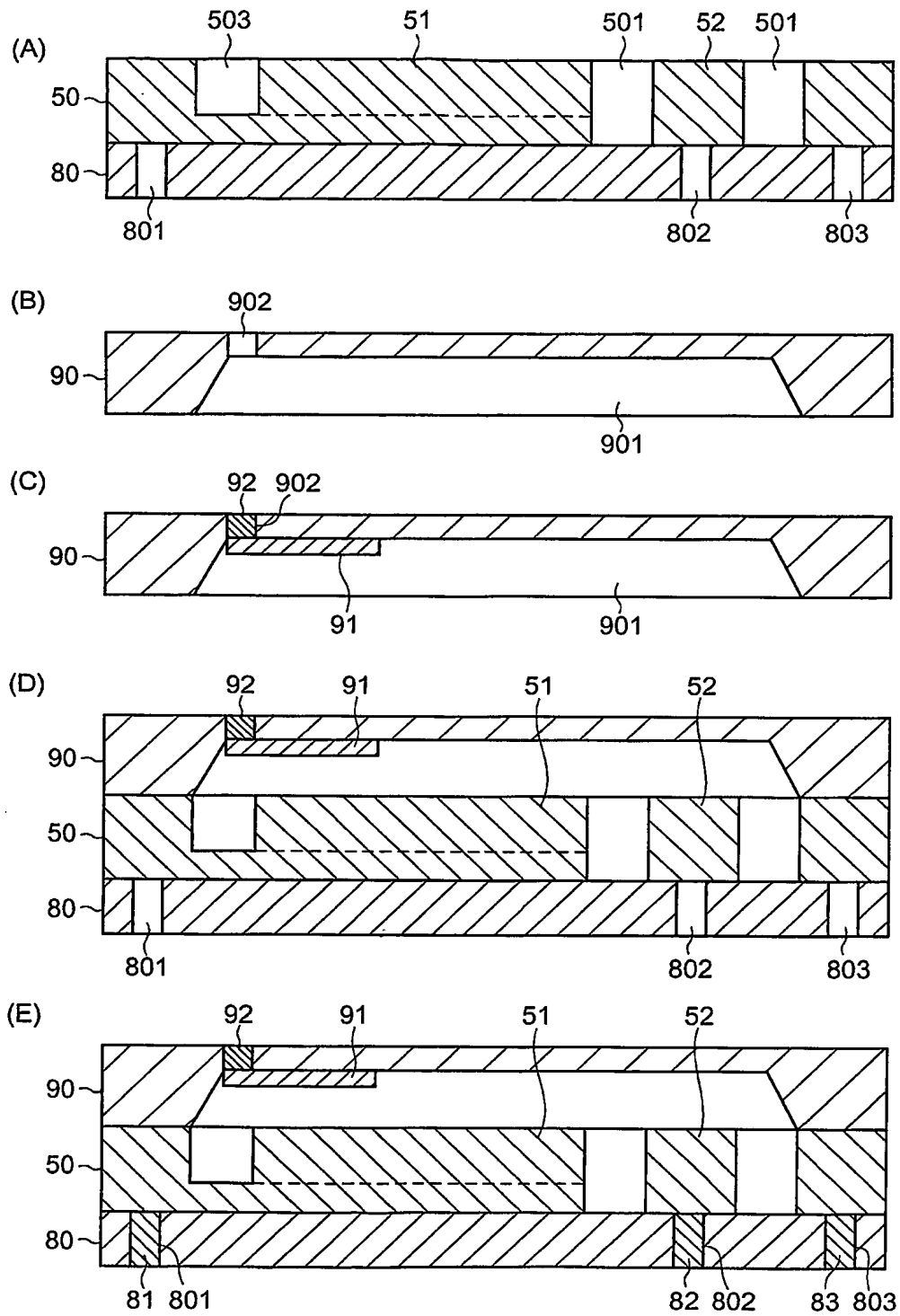
【図 4】



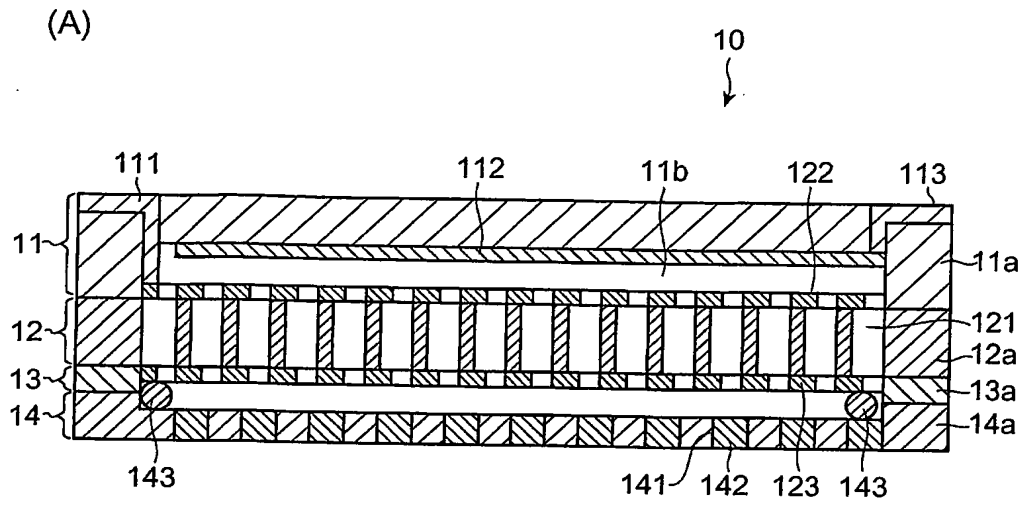
【図 5】



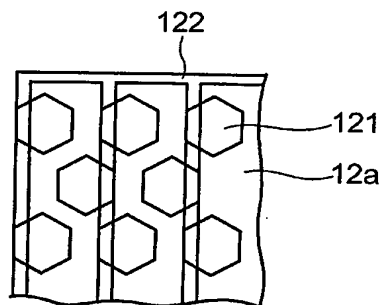
【図 6】



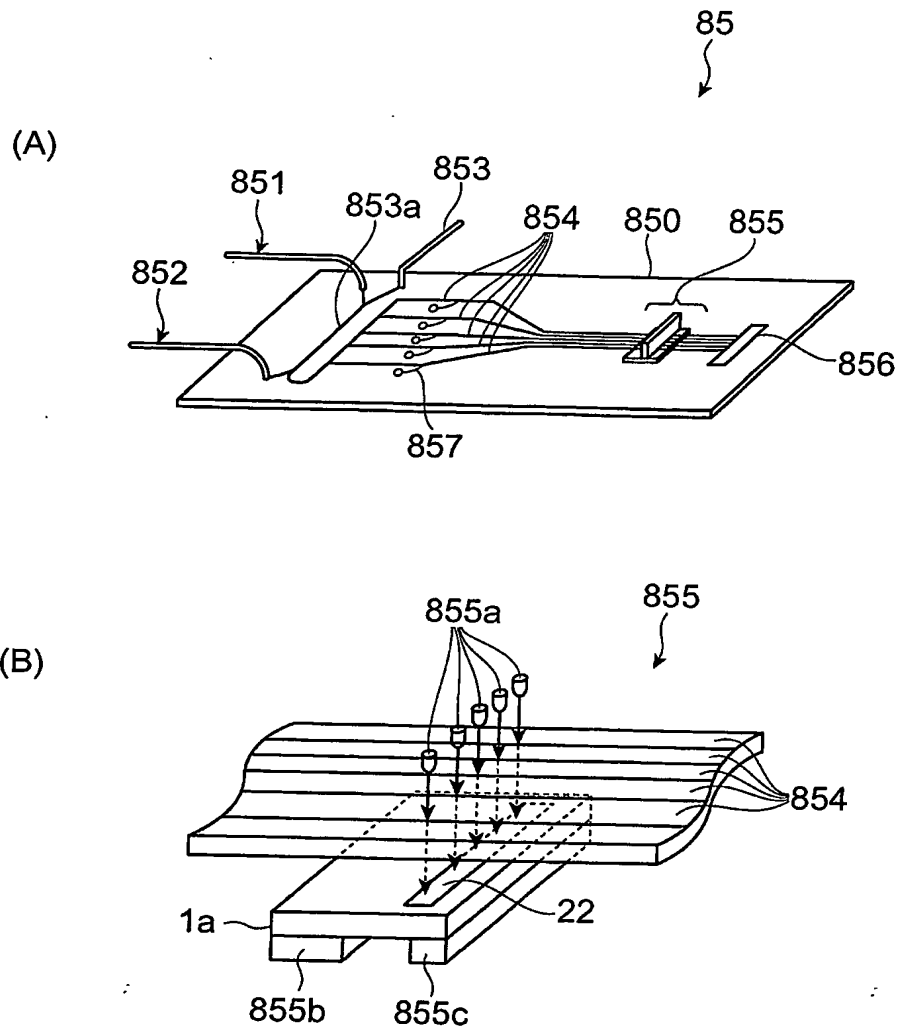
【図 7】



(B)



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より小型化を図ることが可能な光電子増倍管を提供すること。

【解決手段】 この光電子増倍管 1 a は、入射した光に応じて電子を放出する光電面 2 2 と、光電面 2 2 から放出される電子を 2 次電子増倍する電子増倍部 3 1 と、電子増倍部 3 1 で生成された 2 次電子を取り出すための陽極 3 2 と、を備え、電子増倍部 3 1 は光電面が電子を放出する方向と交わる方向に電子を走行させるように延びる溝部を有し、この溝部の側壁に電子が衝突することで 2 次電子増倍を行う。

【選択図】 図 2

特願 2004-040405

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000236436]

1. 変更年月日

1990年 8月10日

[変更理由]

新規登録

住所

静岡県浜松市市野町1126番地の1

氏名

浜松ホトニクス株式会社